

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Департамент научно-технологической политики и образования
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Красноярский государственный аграрный университет»**

Институт энергетики и управления энергетическими ресурсами АПК

Кафедра «Теоретические основы электротехники»

Часть 3

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ, ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Методические указания к лабораторным работам по курсу:

«Основы электротехники»

студентам дневной формы обучения

по направлению подготовки:

35.02.08 Электрификация и автоматизация сельского хозяйства

Красноярск 2018

Содержание

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1	3
Исследование однофазного трансформатора	3
Основные теоретические положения.....	3
Контрольные вопросы	7
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2	8
Вращающееся магнитное поле	8
Основные теоретические положения.....	8
Контрольные вопросы	11
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3	13
Пуск трехфазного асинхронного электродвигателя	13
с короткозамкнутым ротором	13
Основные теоретические положения.....	13
Контрольные вопросы	16
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4	17
Исследование электрических и светотехнических характеристик	
источников света.....	17
Основные теоретические положения.....	17
Контрольные вопросы	24

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Исследование однофазного трансформатора

Цель работы:

1. Изучить конструкцию и принцип действия однофазного трансформатора.
2. Исследовать трансформатор в режимах холостого хода, короткого замыкания и при нагрузке.

Основные теоретические положения

Трансформатором называется статический электромагнитный аппарат, предназначенный для преобразования напряжения и тока при неизменной частоте.

Процесс преобразования энергии называется *трансформацией*.

Трансформатор может быть повышающим и понижающим. По числу фаз различают трансформаторы однофазные и трехфазные. Однофазный трансформатор (двухобмоточный) состоит из двух обмоток, намотанных на сердечник, который набирается из тонких листов электротехнической стали, что уменьшает потери энергии от вихревых токов. Листы изолируются друг от друга лаком или оксидной пленкой.

Обмотка, к которой подается напряжение, называется *первичной*.

Обмотка, к которой подключается нагрузка, называется *вторичной*.

Каждый трансформатор имеет щиток, на котором указываются следующие основные номинальные данные:

- номинальная мощность S_N (кВА);
- номинальные напряжения на зажимах первичной и вторичной обмоток $U_{1н}$ и $U_{2н}$;
- номинальные токи $I_{1н}$ и $I_{2н}$, частота f , напряжение короткого замыкания U_k .

Номинальными называются такие величины мощности, напряжения и тока, при которых в трансформаторе наступает тепловое равновесие при температуре нагрева обмоток, не вызывающего разрушения изоляции. Так, для современных силовых трансформаторов номинальные мощность и ток принимаются такими, при которых тепловое равновесие наступает при температуре окружающей среды 35°C .

Опыт холостого хода трансформатора

Холостой ход трансформатора - это такой режим его работы, при котором к зажимам первичной обмотки подводится номинальное напряжение, а вторичная обмотка разомкнута.

Из опыта холостого хода можно определить *коэффициент трансформации*, как отношение ЭДС первичной обмотки к ЭДС вторичной обмотки:

$$n = \frac{E_1}{E_2} \quad \text{или} \quad n = \frac{W_1}{W_2}$$

где W_1 и W_2 - число витков первичной и вторичной обмоток.

Ток холостого хода трансформатора составляет от 2,5 до 10% от номинального, поэтому падением напряжения на первичной обмотке можно пренебречь и считать приближенно $U_1=E_1$, а $E_2=U_2$. Тогда

$$n = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} = \frac{U_1}{U_{20}}$$

где U_{20} - напряжение на зажимах вторичной обмотки при холостом ходе, т.е. *коэффициент трансформации - отношение напряжения на зажимах обмоток трансформатора в режиме холостого хода*. Мощность трансформатора в этом режиме затрачивается на возмещение потерь на перемагничивание магнитопровода (гистерезис) и на нагрев магнитопровода вихревыми токами:

$$P_0 = P_r + P_{вт.}$$

$$\text{Полная мощность } S = U_1 \cdot I_1$$

Коэффициент мощности при холостом ходе:

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{U_1 I_{10}}$$

Таким образом, опыт холостого хода дает возможность определить коэффициент трансформации n , потери в стали сердечника и угол потерь в стали: $\delta = (90 - \varphi_0)$.

Опыт короткого замыкания

Из опыта короткого замыкания трансформатора можно определить сопротивление обмоток, напряжение короткого замыкания и потери в меди (в обмотках).

Опыт короткого замыкания производится следующим образом. Вторичная обмотка замыкается накоротко через амперметр, на первичную обмотку подается напряжение, пониженное до такой величины, при которой токи в обмотках равны номинальным. Это напряжение называется *напряжением короткого замыкания* U_k . Мощность в режиме короткого замыкания расходуется на нагрев обмоток, т.е. на потери в меди:

$$P_{1K} = I_{1K}^2 \cdot r_K; \quad r_K = \frac{P_{1K}}{I_{1K}^2},$$

где $r_K = r_1 + r_2$; где $r_2 = n^2 \cdot r_2$ - приведенное к первичной обмотке активное сопротивление вторичной обмотки трансформатора.

Полное сопротивление короткого замыкания определяется

$$Z_K = \frac{U_K}{I_{2H}}$$

Индуктивное сопротивление короткого замыкания:

$$X_K = \sqrt{Z_K^2 - r_K^2};$$

$$X_K = X_1 + X_2 = X_1 + X_2 \cdot n^2;$$

$$\cos \varphi_K = \frac{r_K}{Z_K} = \frac{P_{1K}}{U_{1K} \cdot I_{1K}};$$

$$U_K = \frac{U_{1K}}{U_{1H}} \cdot 100\%.$$

Внешняя характеристика трансформатора

Зависимость напряжения U_2 на зажимах вторичной обмотки трансформатора от тока нагрузки I_2 при неизменном напряжении на зажимах первичной обмотки при постоянном коэффициенте мощности называется **внешней характеристикой трансформатора**. Для снятия внешней характеристики при активной нагрузке ($\cos\varphi=1$) следует подвести к первичной обмотке номинальное напряжение и при разомкнутой вторичной обмотке записать показания приборов. Затем, постепенно увеличивая нагрузку, записать показания приборов. При помощи внешней характеристики можно определить процентное изменение напряжения по формуле:

$$\Delta U\% = \frac{U_{20} - U_2}{U_{20}} \cdot 100.$$

Здесь U_{20} - напряжение на зажимах вторичной обмотки при холостом ходе;

U_2 - напряжение при данной нагрузке.

Коэффициент полезного действия трансформатора определяется из опытов холостого хода, короткого замыкания и нагрузки. При этом потери в стали, определяемые из опыта холостого хода, не зависят от нагрузки.

Потери в меди, определяемые из опыта короткого замыкания, пропорциональны квадрату тока. Таким образом,

$$\eta = \frac{P_{2H}}{P_{1H}} = \frac{P_{2H}}{P_{2H} + P_0 + P_K},$$

где $P_{2H} = S_H \cdot \cos\varphi$ - номинальная мощность трансформатора;

S_H - полная номинальная мощность трансформатора.

Для любой нагрузки коэффициент полезного действия определяется по формуле:

$$\eta = \frac{\beta \cdot S_H \cdot \cos\varphi_2}{\beta \cdot S_H \cdot \cos\varphi_2 + P_0 + \beta^2 \cdot P_K} \cdot 100\%.$$

Здесь $P_2 = \beta \cdot S_H \cdot \cos\varphi_2$ - мощность, отдаваемая трансформатором;

$\beta = \frac{I_2}{I_{2H}}$ - коэффициент загрузки трансформатора.

Задаваясь величиной коэффициента загрузки, можно построить кривую зависимости: $\eta=f(P_2)$.

Задание по лабораторной работе

1. Ознакомьтесь с устройством трансформатора, записать его паспортные данные, технические характеристики приборов, используемых в работе.

2. Собрать схему рис.1.

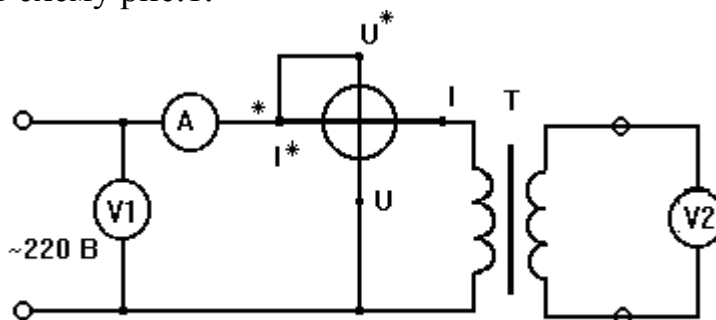


Рис. 1.

3. После проверки схемы преподавателем включить напряжение и произвести опыт холостого хода.

4. По данным опыта вычислить:

а) коэффициент трансформации n ;

б) полную мощность S ;

в) коэффициент мощности $\cos\varphi$;

г) угол потерь в стали δ .

Результаты измерений и вычислений записать в таблицу 1.

Таблица 1.

Измерено				Вычислено				
$U_1, В$	$U_{20}, В$	$I_{10}, А$	$P_0, Вт$	n	$\cos\varphi_0$	φ_0	$S, ВА$	δ

Построить векторную диаграмму режима холостого хода трансформатора.

5. Собрать схему рис.2.

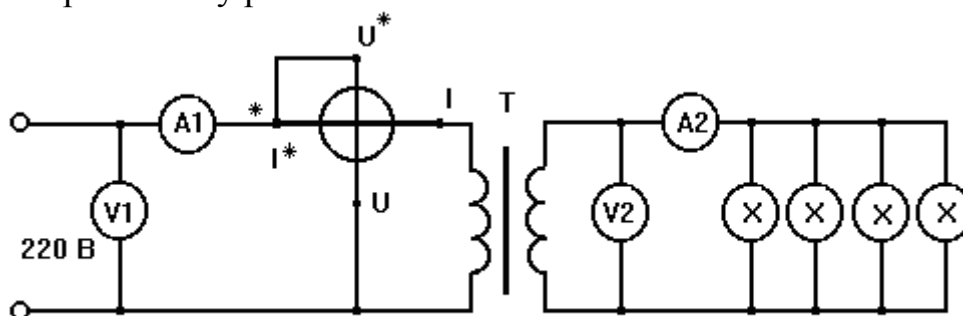


Рис. 2.

6. После проверки схемы преподавателем включить напряжение и, постепенно увеличивая нагрузку, записать показания приборов в таблицу 2.

Таблица 2.

Измерено					Вычислено				
$U_1, В$	$I_1, В$	$P_1, Вт$	$I_2, А$	$U_2, В$	$\cos\varphi_1$	β	$P_2, Вт$	η	$\Delta U, \%$

7. По результатам измерений п.6 построить внешнюю характеристику трансформатора и определить процентное изменение напряжения $\Delta U\%$.

8. Собрать схему рис.3.

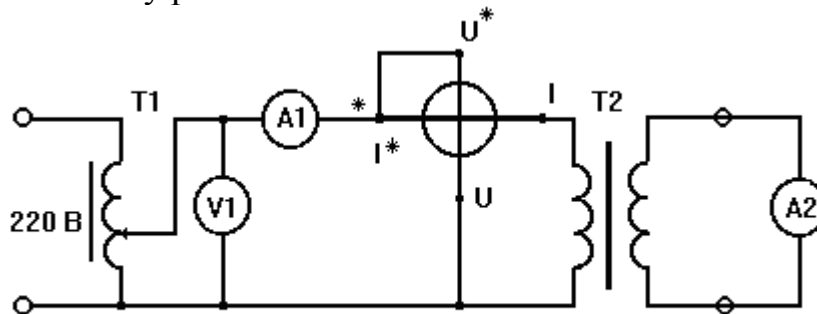


Рис.3.

9. После проверки схемы преподавателем включить напряжение и произвести опыт короткого замыкания. Для этого к первичной обмотке трансформатора подвести такое напряжение, при котором в первичной и вторичной обмотках устанавливаются номинальные токи I_{1H} и I_{2H} .

10. По данным опыта короткого замыкания вычислить: полное сопротивление Z_K , активное сопротивление r_K , реактивное сопротивление X_K .

Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 3.

Таблица 3.

Измерено				Вычислено				
U_{1K}, B	I_{1K}, A	$P_{1K}, Вт$	I_2, A	$\cos\phi_K$	$Z_K, Ом$	$r_K, Ом$	$X_K, Ом$	$U_{K,\%}$

Содержание отчета

1. Технические характеристики приборов и элементов цепи.
2. Схемы и таблицы.
3. Расчетные формулы.
4. Выводы по проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Устройство и принцип действия трансформатора.
2. Что такое коэффициент трансформации?
3. С какой целью проводятся опыты холостого хода и короткого замыкания?
4. Какая зависимость называется внешней характеристикой трансформатора?
5. Как определить КПД трансформатора?
6. Как определить число витков вторичной обмотки при известном числе витков первичной обмотки, напряжении U_1 и U_2 .
7. Почему сердечник трансформатора набирают из пластин?
8. Имеется трансформатор 220/12 В. На первичную обмотку подали 220 В, но постоянного напряжения. Чему равно напряжение на выходе вторичной обмотки?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Вращающееся магнитное поле

Цель работы: ознакомление со способом получения вращающегося магнитного поля на основе трехфазной системы токов.

Основные теоретические положения

Вращающееся магнитное поле образуется в неподвижных катушках статора асинхронного двигателя. Для его возбуждения необходимо выполнить два условия: сместить три одинаковых тока в пространстве и во времени. Для выполнения первого условия три одинаковые катушки статора смещают относительно друг друга на угол 120° (рис. 2.1). Второе условие достигается тем, что по катушкам пропускают трехфазную систему токов, имеющую сдвиг во времени на $1/3$ периода (рис. 2.2):

$$i_A = I_m \sin \omega t;$$

$$i_B = I_m \sin(\omega t - 120^\circ);$$

$$i_C = I_m \sin(\omega t + 120^\circ).$$

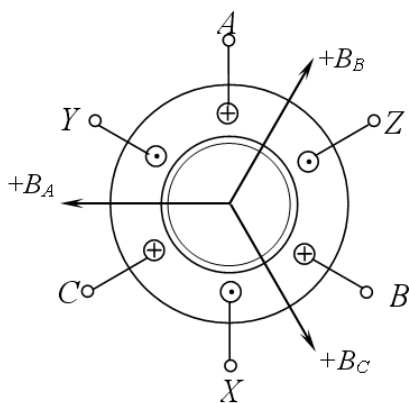


Рис. 2.1

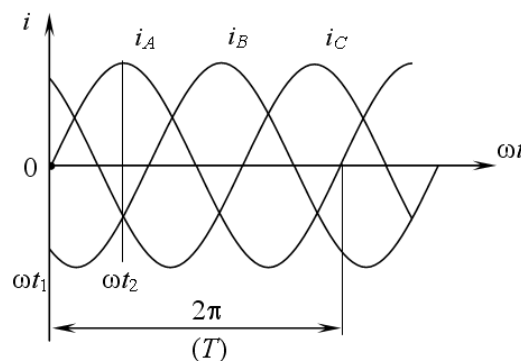


Рис. 2.2

Условимся, если ток фазы в заданный момент времени положителен, то он направлен от начала катушки к ее концу, а если отрицателен – от конца к началу (см. рис. 12.1). Ток каждой катушки создает собственное пульсирующее магнитное поле, магнитная индукция которого

$$B_A = B_m \sin \omega t;$$

$$B_B = B_m \sin(\omega t - 120^\circ);$$

$$B_C = B_m \sin(\omega t + 120^\circ).$$

Положительное направление векторов индукций магнитного поля каждой катушки определяется по правилу правого винта и показано на рис. 2.1.

Магнитные индукции, складываясь векторно, образуют результирующее магнитное поле:

$$\vec{B}_\Sigma = \vec{B}_A + \vec{B}_B + \vec{B}_C.$$

Построим картину результирующего магнитного поля и векторную диаграмму магнитных индукций для моментов времени $\omega t_1 = 0$ (рис. 2.3, а) и $\omega t_2 = 90^\circ$ (рис. 2.3, б).

В момент времени $\omega t_1 = 0$ ток фазы А равен нулю и индукция магнитного поля $B_A = 0$. Ток фазы В отрицателен, его направление будет от конца к началу катушки и индукция поля

$$B_B = B_m \sin(-120^\circ) = -\frac{\sqrt{3}}{2} B_m.$$

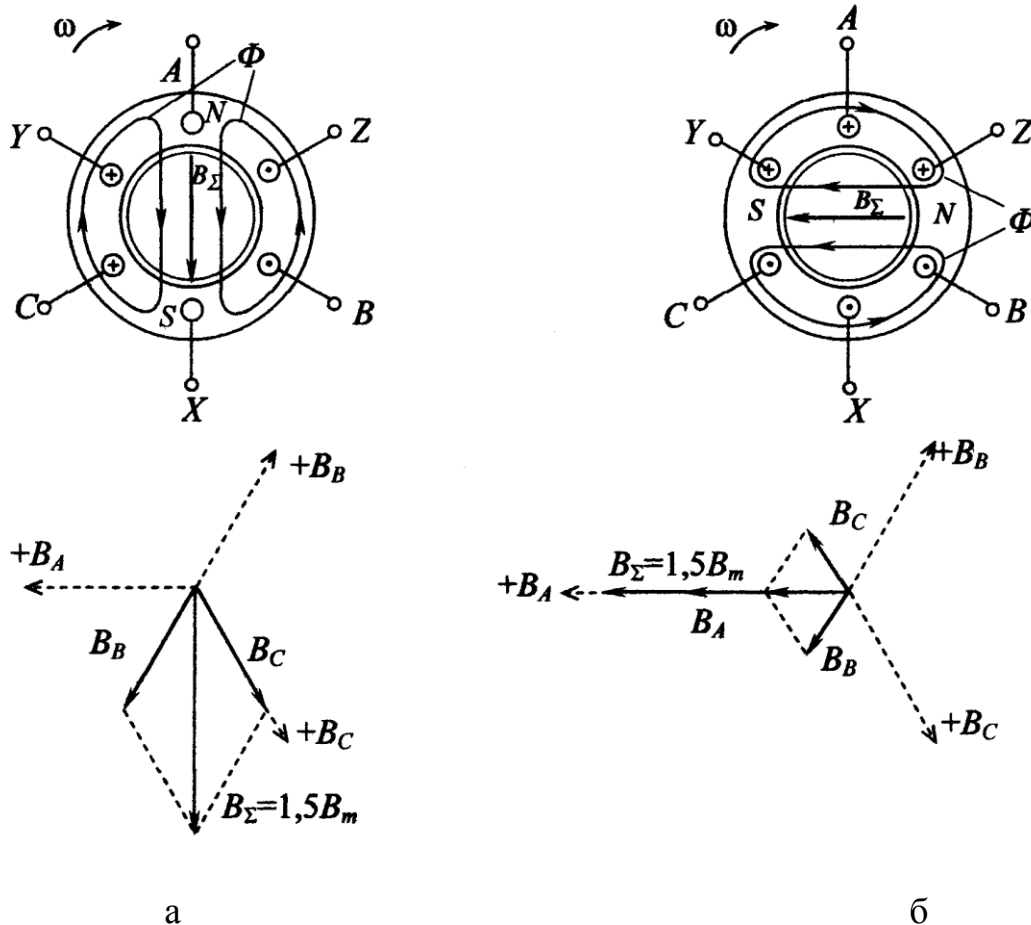


Рис. 2.3

Ток фазы С положителен и направлен от начала к концу катушки, индукция магнитного поля

$$B_C = B_m \sin 120^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} B_m.$$

Результирующее магнитное поле

$$B_\Sigma = 2B_B \cos 30^\circ = 2 \frac{\sqrt{3}}{2} B_m \cos 30^\circ = 1,5 B_m.$$

На рис. 2.3, б изображена картина магнитного поля и векторная диаграмма магнитных индукций для момента времени $\omega t_2 = 90^\circ$:

$$B_A = B_m;$$

$$B_B = B_m \sin(-30^\circ) = -\frac{1}{2} B_m;$$

$$B_C = B_m \sin 210^\circ = -\frac{1}{2} B_m;$$

$$\vec{B}_\Sigma = \vec{B}_A + \vec{B}_B + \vec{B}_C; \quad B_\Sigma = B_m + \frac{1}{2} B_m = 1,5 B_m.$$

Из рис. 2.3 видно, что результирующее магнитное поле, не изменяясь по величине ($B_\Sigma = 1,5 B_m$), за $1/4$ периода синусоидального тока повернулось в пространстве на 90° , за период T совершит полный оборот на 360° , за 1 секунду – $1/T = f$ оборотов, а за 1 минуту – $60f$ оборотов. Рассмотренное поле является двухполюсным, т.е. имеет одну пару полюсов ($p = 1$), и частота его вращения $n_0 = 60f \text{ в}^{-1}$.

При промышленной частоте синусоидального тока $f = 50 \text{ Гц}$ частота вращения двухполюсного магнитного поля $n_0 = 3000 \text{ в}^{-1}$. Она постоянна и называется *синхронной*.

Для возбуждения многополюсного вращающегося магнитного поля увеличивают число катушек в каждой фазе статора в p раз. Например, для создания четырехполюсного поля ($p = 2$) в каждую фазу статора включают по две последовательно соединенные катушки. Оси катушек будут смещены на $120^\circ/p$. Геометрические размеры катушек уменьшаются в p раз, т.е. $180^\circ/p$. Частота вращения многополюсного магнитного поля

$$n_0 = \frac{60f}{p}.$$

Для четырехполюсного поля ($p = 2$) $n_0 = 1500 \text{ в}^{-1}$.

Направление вращения магнитного поля зависит от порядка чередования фаз. Чтобы изменить направление вращения магнитного поля, достаточно поменять местами любые две фазы.

При неправильном включении одной катушки, т.е. при изменении направления тока в катушке, возникает неравномерное (эллиптическое) магнитное поле. В момент времени, когда ток этой катушки равен нулю, индукция поля будет равна $1,5 B_m$, а при максимальном токе – только $0,5 B_m$. Направление вращения поля при этом будет обратным по сравнению с тем, каким оно было при правильном включении катушек.

Предварительное задание к эксперименту

Построить картину магнитного поля и векторную диаграмму магнитных индукций для момента времени ωt соответствующего варианта табл. 2.1.

Таблица 2.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8
ωt	30°	60°	120°	150°	180°	210°	240°	270°

Порядок выполнения эксперимента

1. Включить одну катушку под напряжение 220 В. С помощью цилиндра убедиться в отсутствии вращающегося магнитного поля. Поворачивая рамку на угол 30° , измерить индукцию (ЭДС) в 12 точках вдоль окружности статора. Результаты измерений записать в табл. 2.2. Построить график $B(\alpha)$ в полярной системе координат.

2. Собрать схему рис. 2.4.

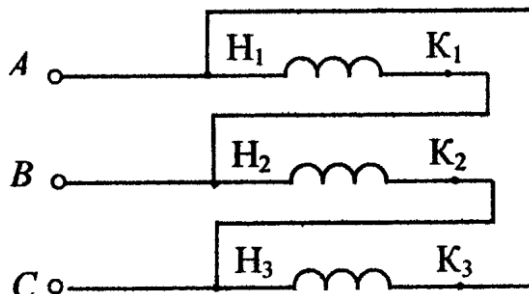


Рис. 2.4

С помощью цилиндра убедиться в наличии вращающегося магнитного поля. Измерить индукцию вдоль окружности статора (интервал 30°). Результаты записать в табл. 2.2. Построить график $B(\alpha)$ в полярной системе координат.

3. Изменить направление вращения поля. Для этого поменять местами любые две фазы. С помощью цилиндра убедиться в изменении направления вращения магнитного поля.

4. Изменить направление тока в одной фазе (поменять местами проводники к началу и концу катушки). Измерить индукцию в 12 точках окружности статора. Результаты измерений записать в табл. 2.2 и построить график $B(\alpha)$.

Таблица 2.2

$\angle \alpha$		0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	360°
Индукция B	п. 1													
	п. 2													
	п. 4													

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Картина результирующего магнитного поля и векторная диаграмма индукций для заданного момента времени.
3. Схема включения катушек статора для получения вращающегося магнитного поля.
4. Таблица измерений.
5. Графики $B(\alpha)$ для 3 случаев.

Контрольные вопросы

1. Каковы условия получения вращающегося магнитного поля?
2. От чего зависит частота вращения магнитного поля?

3. Как получают многополюсное вращающееся магнитное поле?
4. Почему частота вращения магнитного поля статора называется синхронной?
5. Как изменить направление вращения магнитного поля?
6. Каким будет поле трех катушек при неправильном включении одной из них?
7. Где используется вращающееся магнитное поле?
8. Какова картина магнитного поля при обрыве одной из фаз трехфазной питающей сети?
9. Какова картина магнитного поля при обрыве в цепи одной из катушек трехфазной обмотки статора?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Пуск трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором

Цель работы:

1. Овладение практическими навыками по сборке схемы управления трехфазным асинхронным двигателем (ТАД) с короткозамкнутым ротором при помощи неререверсивного магнитного пускателя.
2. Пуск ТАД в однофазном режиме.

Основные теоретические положения

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором является наиболее распространенным видом электродвигателей в сельскохозяйственном производстве.

Основная схема управления ТАД - неререверсивная схема управления при помощи магнитного пускателя (рис.1). Магнитный пускатель предназначен для *ручного дистанционного* или автоматического управления ТАД.

Он состоит из корпуса, тягового электромагнита и связанной с ним электромагнитной системой. Контактная система состоит из силовых и вспомогательных контактов. Тяговый электромагнит (катушка магнитного пускателя) может управляться от источника постоянного или переменного напряжения. В магнитных пускателях переменного тока магнитопровод выполнен из листов электротехнической стали (0,35...0,5 мм) для уменьшения потерь на перемагничивание. Для уменьшения вибрации сердечника в торцевой части сердечника магнитопровода установлено медное короткозамкнутое кольцо.

Наиболее распространенные магнитные пускатели типа ПМЕ, ПМЛ, ПМА позволяют осуществить до 150 включений в час. Катушки магнитных пускателей изготавливаются на 110, 127, 220, 380 и 660 В. При выборе магнитных пускателей обращают внимание на наибольшую допустимую мощность электродвигателя при данном напряжении и на напряжение катушки. В сетях с напряжением 380/220 В можно использовать катушки с напряжением 380 и 220 В. В первом случае катушка должна включаться на линейное напряжение (две любые фазы), во втором - на фазное (любая фаза и нуль).

Для управления магнитными пускателями применяются кнопочные станции. Они могут быть одно-, двух- и многопостовые.

Для защиты электродвигателя и схемы управления от коротких замыканий применяются плавкие предохранители и автоматические выключатели.

Для защиты электродвигателя от перегрузки используют тепловые реле и автоматические выключатели с тепловыми расцепителями. Плавкие предохранители от перегрузки электродвигателя не защищают.

Рассмотрим работу схемы управления (рис.1.1).

После включения автоматического выключателя QF при нажатии кнопки SB2 "Пуск" протекает ток по цепочке: фаза С→SB1→SB2→ катушка КМ→контакт КК→нулевой провод N. Следовательно, катушка КМ получает питание и втягивает сердечник с контактной группой. Контакты КМ замыкаются, и на электродвигатель М подается трехфазное напряжение.

Для того, чтобы двигатель не остановился после отпускания кнопки SB2, параллельно ей подключается вспомогательный контакт КМ, шунтирующий кнопку "Пуск".

Тепловое реле КК предназначено для защиты двигателя от перегрузок. При увеличении тока сверх допустимой нормы тепловое реле срабатывает, размыкая при этом свой контакт КК в цепи питания катушки магнитного пускателя КМ. Повторный пуск ТАД после срабатывания пусковой защиты возможен после ручного возврата контактов реле КК в исходное положение через некоторое время, необходимое для остывания теплового реле КК.

Перед пуском ТАД необходимо устранить причины, приведшие к срабатыванию тепловой защиты.

При отсутствии у потребителя трехфазного напряжения трехфазный двигатель можно запустить в однофазном режиме. На рис. 2.2 приведены основные схемы такого пуска.

Так как при подключении одной фазы круговое вращающееся магнитное поле отсутствует, то для пуска необходимо обеспечить сдвиг токов в пусковой и рабочей обмотках относительно друг друга. Для обеспечения фазового сдвига обычно используют конденсаторы, емкость которых рассчитывается следующим образом.

Для пуска необходима большая емкость, чем для рабочего режима

$$C_{\text{пуск}} = (2 \dots 2,5) \cdot C_{\text{раб}}$$

После пуска пусковые конденсаторы отключают в целях уменьшения нагрева обмоток статора.

Рабочая емкость определяется из паспортных данных ТАД.

Для схемы 3.1 а) $C_p = 2800 I_n / U_n$;

для схемы 3.1 б) $C_p = 4800 I_n / U_n$;

для схемы 3.1 в) $C_p = 1600 I_n / U_n$.

Применяются конденсаторы марок БГГ, МБГ4, МБГ0 и др. на напряжение не меньше амплитудного.

Мощность двигателя в однофазном режиме составляет примерно половину мощности, развиваемой ТАД в трехфазном режиме.

Задание по лабораторной работе

1. Изучить схему управления ТАД (рис. 3.1).

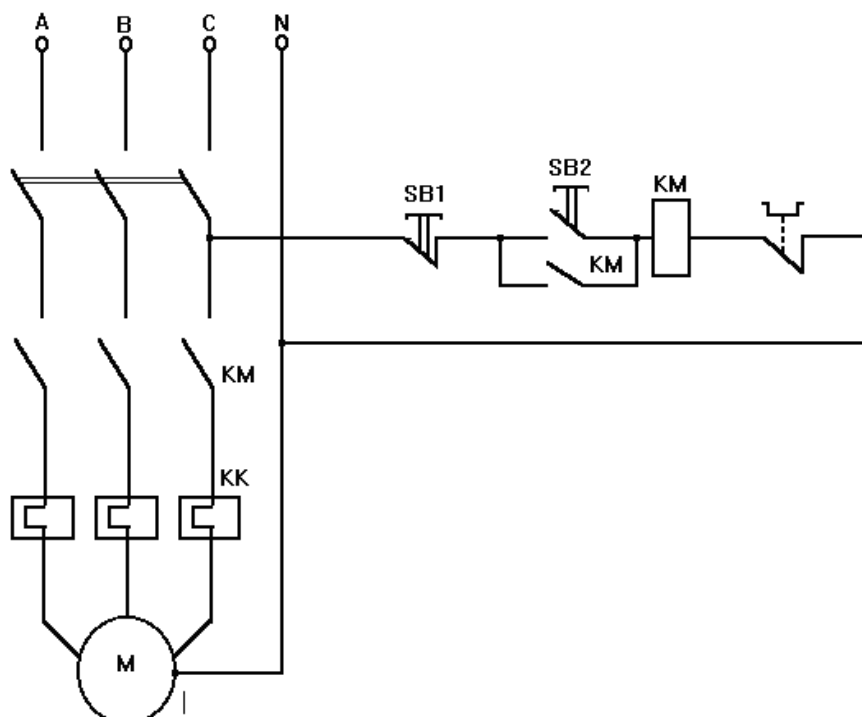


Рис. 3.1. Схема пуска ТАД с использованием магнитного пускателя.

2. Ознакомиться с устройством магнитного пускателя, кнопочных станций, теплового реле, записать их технические данные и данные электродвигателя.

3. Собрать схему и пустить электродвигатель.

4. Изменить направление вращения электродвигателя.

5. Изучить схему пуска ТАД в однофазном режиме (рис. 3.2).

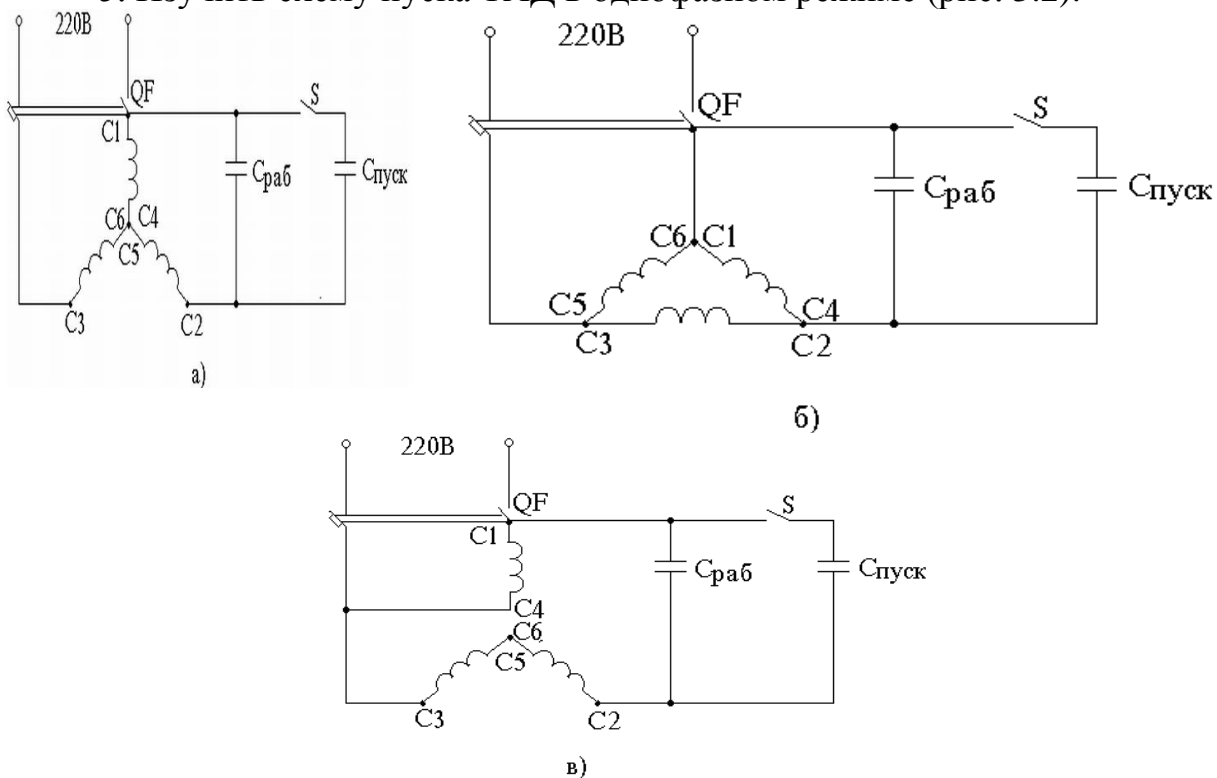


Рисунок 3.2 – Схема пуска ТАД в однофазном режиме

6. Собрать одну из схем, рассчитать емкость конденсаторов и произвести пуск.

7. Изменить направление вращения электродвигателя.

8. Составить краткие выводы по работе.

Содержание отчета

1. Технические характеристики приборов и элементов цепи.

2. Схемы и таблицы.

3. Расчетные формулы.

4. Выводы по проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Назовите элементы магнитного пускателя, его устройство и назначение.

2. Как защищается электродвигатель от коротких замыканий?

3. Как защищается электродвигатель от перегрузки?

Объясните принцип работы схемы пуска электродвигателя с помощью магнитного пускателя.

Для чего параллельно кнопке "Пуск" устанавливается вспомогательный контакт? (рис.1)

Для чего устанавливается конденсатор при пуске однофазного электродвигателя?

Почему в сети с частотой 50Гц скорость вращения асинхронного электродвигателя не превышает 3000 об/мин.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Исследование электрических и светотехнических характеристик источников света

Цель работы: изучение устройства, принципа действия ламп накаливания и люминесцентных ламп и сравнение их электрических и светотехнических характеристик.

Основные теоретические положения

Лампы накаливания.

Основной частью лампы накаливания (рис.4.1) является тело накала 3, которое нагревается под действием электрического тока до температуры 2000...2800°K и испускает электромагнитное излучение в виде светового (видимого) и инфракрасного (теплого) потока. Тело накала изготавливают из вольфрамовой проволоки различной конструкции и формы (нити, спирали, биспирали). Вольфрам имеет высокую температуру плавления (3663°K) и малую скорость испарения. Дополнительные присадки из оксидов кремния и алюминия с добавлением калия и натрия обеспечивают большую механическую прочность тела накала при хорошей формоустойчивости.

Для подвода тока к телу накала и поддержания его в нужном положении служат электроды 6. Дополнительными поддерживающими элементами являются держатели 4, вставленные в утолщение стеклянного стержня 5, имеющего название штабик. Внутренние детали лампы изолированы от внешней среды колбой 1. Внутри тарелки 9 имеется откачная трубка 10 с отверстием 14 для откачивания воздуха. Внутреннюю полость колбы заполняют инертными газами (аргон, криптон) для уменьшения окисления и распыления вольфрама при высокой температуре.

Для подвода питания и крепления лампы в патроне служит резьбовой цоколь 13. Лампы мощностью до 300 Вт имеют обычно цоколь E27, а 500 Вт и более - E40. Питание от второго провода подводится через контактную пластину 12.



Рисунок 4.1 – Устройство лампы накаливания

Обозначение ламп накаливания общего назначения имеет буквенно-цифровую символику.

Например: БК 215-225-100-2 - биспиральная, криптоновая, на диапазон напряжения 215...225 В, мощность 100 Вт, второй номер разработки.

Срок службы ламп накаливания общего пользования составляет в среднем 1000 часов.

В настоящее время широко выпускаются более эффективные - галогенные - лампы накаливания, имеющие колбу в форме трубки. Добавка галогена, например, йода, в колбу лампы накаливания вызывает замкнутый химический цикл. В рабочем режиме частички вольфрама с тела накала испаряются и оседают на стенках колбы лампы. При температуре 570...1400°K у стенок колбы пары йода соединяются с частичками вольфрама, образуя йодистый вольфрам с температурой испарения 520...570°K. При температуре 520°K и более это газообразное соединение улетучивается и из-за повышенной концентрации у стенок диффузирует в направлении раскаленной вольфрамовой спирали. Вблизи вольфрамовой спирали йодистый вольфрам диссоциирует на исходные составные элементы - вольфрам и йод. Частицы вольфрама оседают на тело накала, а йод движется в обратном направлении к стенкам колбы. Таким образом осуществляется регенерация испарившегося вольфрама на тело накала, что приводит к увеличению срока службы лампы. Вольфрамо-йодный цикл препятствует осаждению вольфрама на стенки колбы лампы, сохраняя их чистыми и прозрачными на протяжении всего срока службы.

Достоинствами галогенных ламп накаливания являются повышенный срок службы (до 10 тыс. часов), высокая световая отдача (до 29 лм/Вт).

Недостатки - высокая стоимость и необходимость эксплуатации только в горизонтальном положении.

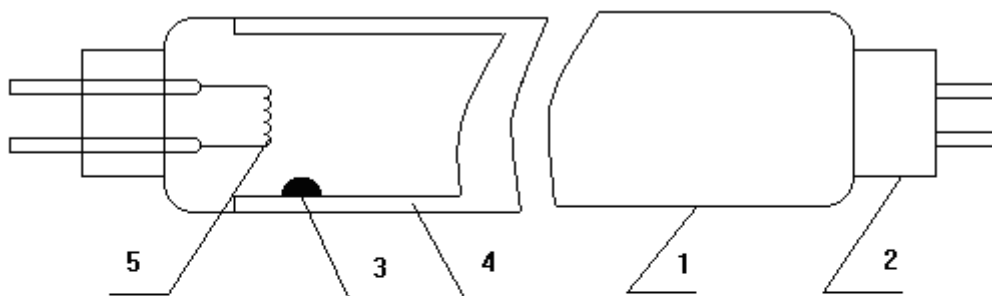
Люминесцентные лампы.

Люминесцентные лампы работают на основе люминесценции - свечения газа в трубке лампы под действием электрического тока. В отличие от ламп накаливания в газоразрядных источниках света светящимся телом является участок межэлектродного промежутка. До включения в сеть газоразрядная лампа является диэлектриком. Под действием приложенного напряжения происходит ионизация газового промежутка и он становится проводником электрического тока. Для зажигания таких ламп необходимо приложить напряжение из расчета 500...1000 В на 1 м длины трубки. После зажигания лампы сопротивление ее значительно уменьшается, поэтому рабочий ток необходимо ограничивать. Для этих целей служат пускорегулирующие аппараты (ПРА).

Устройство люминесцентной лампы.

На внутреннюю поверхность стеклянной трубки (колбы) равномерно по всей длине нанесен тонкий слой люминофора, преобразующий ультрафиолетовую часть излучения разряда в парах ртути в видимое излучение. Благодаря люминофору световая отдача в люминесцентной лампе доходит до 75 лм/Вт. В качестве люминофора в люминесцентных лампах применяется галофосфат кальция, активированный марганцем и сурьмой, изменяя соотношение которых, можно изменять цветность излучения.

Электроды, которые находятся на концах колбы (рис. 4.2), выполняются из вольфрама. Для улучшения термоэлектронной эмиссии электроды покрываются веществом, состоящим из карбонатов бария, стронция и кальция. Для возникновения ультрафиолетовых лучей в лампу добавляется дозированное количество ртути. После зажигания лампы ртуть испаряется и газовый разряд теперь идет уже в парах ртути. При движении электроны сталкиваются с атомами ртути и отдают им часть кинетической энергии. При этом электроны атома ртути переходят на некоторую новую орбиту. Такая структура возбужденного атома нестабильна. Электрон стремится перейти в свое прежнее положение. При обратном его переходе на более низкий энергетический уровень выделяется квант лучистой энергии, преобладающими в этом излучении являются ультрафиолетовые лучи. Колба лампы наполнена инертным газом аргоном, который способствует надежному горению разряда в трубке, облегчению зажигания лампы и уменьшению распыления электродов. Давление газа составляет 400 Па (3 мм. рт. ст). Наиболее распространенными являются люминесцентные лампы ЛД-40, ЛБ-40, название которых расшифровывается следующим образом: люминесцентная, дневного (или белого) света, мощностью 40 Вт.



- 1- стеклянная трубка**
- 2- цоколь с двумя штырьками**
- 3- капля ртути**
- 4- люминофор**
- 5- электрод**

Рисунок 4.2 – Устройство люминесцентной лампы

Пускорегулирующие аппараты со стартерным зажиганием.

Стартер представляет собой стеклянный баллон, наполненный газом неон. В баллон впаяны два электрода, один из которых биметаллический. Параллельно контактам стартера включается конденсатор для устранения радиопомех.

Дроссель-катушка с большим числом витков необходим для создания импульса напряжения при зажигании лампы и для ограничения тока, протекающего через лампу.

Работа люминесцентной лампы.

При подаче напряжения на лампу (рис. 4.2) начальный ток потечет по следующей цепи: клемма сети, дроссель, первичный электрод лампы, стартер, второй электрод лампы, клемма сети. Величина этого тока незначительная и составляет доли ампера. Этот ток, проходя через газ между электродами стартера, нагревает этот газовый промежуток (т.к сопротивление этого газового слоя довольно велико). Вместе с газом нагреваются и электроды стартера. Биметаллический электрод при нагревании изгибается и соединяется со вторым электродом. При замыкании контактов стартера ток в цепи резко увеличивается, т.к исключается сопротивление газового промежутка стартера. Величина этого тока, в основном, определяется индуктивным сопротивлением дросселя. Ток, который течет по цепи при замкнутых контактах стартера называется пусковым током. Пусковой ток разогревает электроды люминесцентной лампы до температуры около 1000°K. Лампа готова к зажиганию. Так как электрическое сопротивление замкнутых электродов стартера мало, они охлаждаются ($Q = I^2R$) и размыкаются (биметаллический электрод возвращается в начальное положение). При размыкании контактов стартера ток в цепи резко уменьшается, такое резкое уменьшение тока вызывает быстрое уменьшение магнитного поля дросселя, что в свою очередь приводит к возникновению ЭДС самоиндукции, импульс которой достигает 500...600 В. Это напряжение, накладываясь на напряжение сети, пробивает

газовый промежуток в лампе, и начинается электрический разряд в газе, а затем и в парах ртути. Невидимое для глаза ультрафиолетовое излучение, возникающее в результате этого разряда, облучает слой люминофора и вызывает видимое свечение его.

Стробоскопический эффект.

Люминесцентные лампы, работающие на переменном токе, создают пульсирующий световой поток. Эта пульсация светового потока значительно больше, чем у лампы накаливания.

Освещение движущихся предметов пульсирующим световым потоком приводит к так называемому стробоскопическому эффекту, который выражается в искаженном представлении об истинном состоянии движения. Так, при совпадении частоты пульсации светового потока и скорости вращения предмета, вращающаяся часть кажется неподвижной, что может привести к травматизму. В других случаях предмет может казаться движущимся в обратном направлении. Простейшей мерой уменьшения глубины пульсаций светового потока является включение соседних люминесцентных ламп в разные фазы трехфазной системы тока.

Преимущества и недостатки люминесцентных ламп.

По сравнению с лампами накаливания люминесцентные лампы имеют следующие *преимущества*:

- у них значительно большая световая отдача - до 75 лм/Вт (у ламп накаливания общего пользования - до 20 лм/Вт);
- более благоприятный спектр излучения;
- невысокая температура поверхности трубки;
- срок службы до 10000 часов (у лампы накаливания - до 1000 часов).

Недостатками люминесцентных ламп являются:

- сложная конструкция (требуется пуско-регулирующая аппаратура);
- большие габариты;
- чувствительность к температуре окружающей среды (при $t^{\circ} < 0$ зажигание не гарантируется).

3. Подготовка к работе люксметра.

Люксметр Ю-116 состоит из измерителя, который представляет собой прибор магнитоэлектрической системы, обозначенный на схеме 1 буквой РL и отдельного селенового фотоэлемента VL. Фотоэлемент с насадкой, расположенный в пластмассовом корпусе, соединяется с измерителем шнуром при помощи разъемного соединения. Прибор имеет две шкалы: 0-100 и 0-30.

При нажатой правой кнопке следует пользоваться шкалой 0-100, а при нажатой левой - шкалой 0-30. Показания прибора в делениях по соответствующей шкале умножается на коэффициент ослабления, который зависит от применяемой насадки, имеющей на своей поверхности маркировку КМ, КР и КТ и равняется соответственно 10, 100, 1000. *Например*, на фотоэлементе установлена насадка КР, нажата левая кнопка,

стрелка показывает 10 делений по шкале 0-30. Измеряемая освещенность равна $10 \cdot 100 = 1000$ лк.

4. Световые и электрические характеристики источников света.

4.1 Номинальное напряжение - это напряжение, на которое лампа рассчитана для работы. Лампы накаливания общего назначения выпускаются на следующие диапазоны напряжений: 215...225; 220...235; 230...240; 235...245 В. Для увеличения срока службы следует приобретать лампы с большим номинальным напряжением. Люминесцентные лампы, в основном, рассчитаны на напряжение сети 220 В, причем на самой лампе, в зависимости от мощности, падение напряжения составляет 102...110 В, остальная часть напряжения падает на дросселе.

4.2 Электрическая мощность лампы указывается как средняя величина для номинального значения напряжения. Промышленность выпускает лампы накаливания общего назначения мощностью от 15 до 1000 Вт. диапазон мощностей люминесцентных ламп меньше и составляет, в основном, 15...80 Вт.

4.3 Световой поток характеризует мощность видимого излучения, оцениваемого глазом человека, измеряется в люменах (лм). Световой поток можно выразить через освещенность, измеренную люксметром:

$$\Phi = 4 \pi E l^2$$

где E - освещенность, лк;

l - расстояние между лампой и фотоэлементом, м;

4.4 Световая отдача характеризует экономичность источника света и определяется отношением излучаемого светового потока к мощности лампы:

$$\eta = \frac{\hat{O}}{P}, \text{ лм/Вт}$$

где P - мощность лампы, Вт.

4.5 Световой КПД. Многочисленными измерениями установлено соотношение между мощностью и световым потоком - ваттом и люменом: 1 Вт=683 лм при однородном излучении с длиной волны, равной 555 нм. Отсюда световой КПД

$$\eta_{\text{л}} = \frac{\hat{O}}{P \cdot 683} \cdot 100\%$$

4.6 Срок службы. Средний срок службы лампы накаливания общего назначения составляет 1000 часов. На срок службы значительно влияет колебание напряжения. Зависимость имеет вид:

$$\tau = \tau_H \left(\frac{U}{U_H} \right)^{14}$$

где τ_H , U_H - соответственно срок службы и напряжение по паспортным данным. Срок службы люминесцентных ламп составляет 5000...10000 часов,

причем срок службы уменьшается как при увеличении, так и при уменьшении напряжения относительно номинального.

Таблица 4.1.

Измерено				Вычислено			
Напряжение, U, В	Ток, I, А	Мощность P, Вт	Освещенность E, лк	Сопротивление, R, Ом	Световой поток, F, лм	Световая отдача, H, лм/Вт	Световой КПД, η_c , %

Сопротивление лампы определяется по закону Ома:

$$R_{EL} = \frac{U_{EL}}{I}, \text{ Ом}$$

Активная мощность, потребляемая из сети, расходуется в дросселе и в лампе. Мощность лампы:

$$P_{EL} = I \cdot U_{EL} \cdot K_{и}, \text{ Вт}$$

где: $K_{и}$ - коэффициент искажений ($K_{и}=0,6...0,7$)

Активную мощность дросселя можно определить как разность показаний ваттметра и мощности лампы

$$P_L = P_W - P_{EL}, \text{ Вт}$$

Задание по лабораторной работе

1.1 Изучить конструкцию лампы накаливания и люминесцентной лампы. Ознакомиться с оборудованием лабораторного стенда и электрическими схемами для исследования ламп.

1.2 Подготовить к работе люксметр согласно указаний раздела 3, измерить расстояние между лампой и фотоэлементом.

1.3 Собрать схему (рис. 4.3) и показать ее преподавателю.

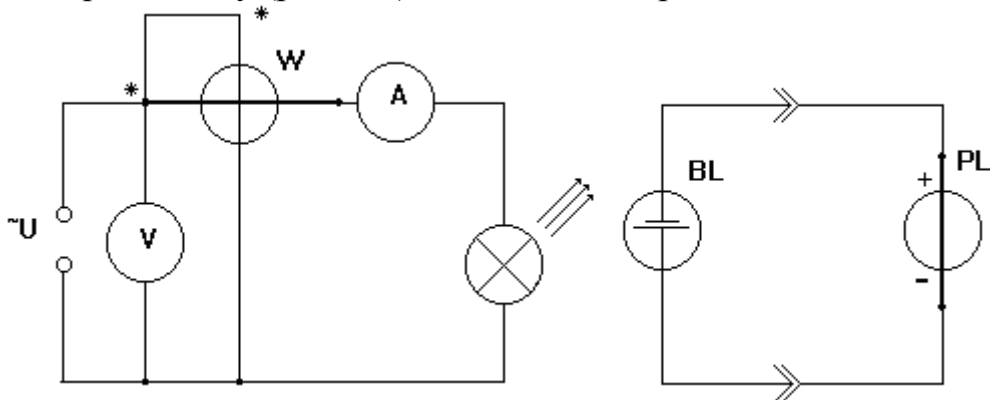


Рисунок 4.3 – Схема исследования лампы накаливания

1.4 Установить напряжение на лампе 240 В. Произвести измерение тока, мощности, освещенности. Данные измерений занести в таблицу 4.1.

Плавнo снижая напряжение на лампе, через каждые 20 В снимать показания и результаты занести в таблицу.

1.5 Собрать схему (рис. 4.4) и показать ее преподавателю.

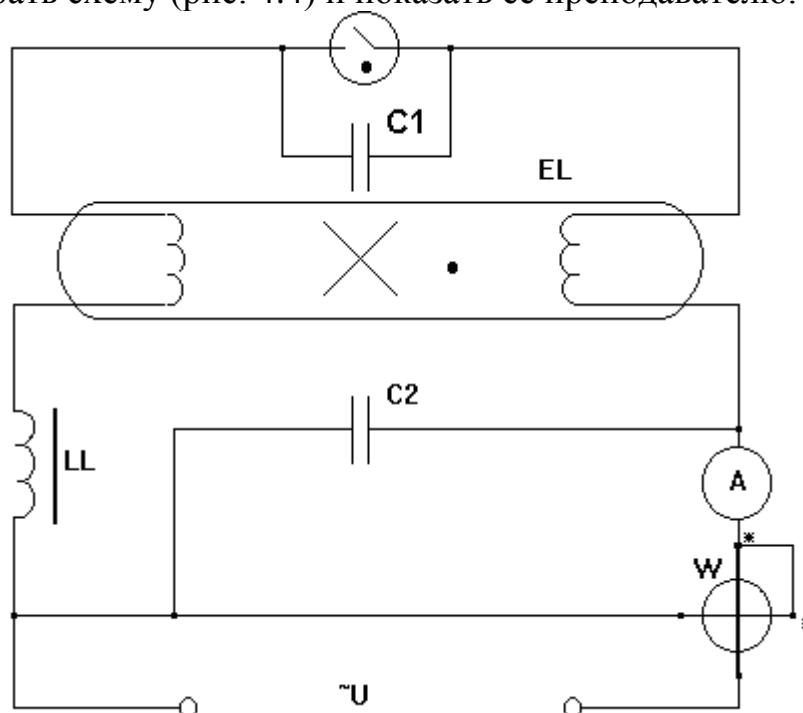


Рисунок 4.4 – Схема исследования люминесцентной лампы

1.6 Выполнить указание п.1.4 для люминесцентной лампы (рис. 4.4) и данные записать в таблицу 4.1.

Построить совмещенные графики зависимости светoотдачи от мощности для лампы накаливания и люминесцентной лампы, аналогично графики зависимости светoвого КПД от мощности.

Содержание отчета

1. Название, цель работы.
2. Схемы, таблицы.
3. Графики зависимости $H = f(P)$ для лампы накаливания и люминесцентной лампы в общих координатных осях.
4. Аналогично п.3 график $\eta = f(P)$.
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. С какой целью лампы накаливания заполняются инертным газом?
2. Чем объясняется повышенный срок службы галогенных ламп по сравнению с обычными лампами накаливания?
3. Как увеличить срок службы ламп накаливания?
4. Назначение дросселя и стартера в схеме зажигания люминесцентной лампы.
5. От чего зависит цветность излучения люминесцентной лампы?
6. Преимущества и недостатки люминесцентных ламп.

7. После зажигания люминесцентной лампы отключили стартер. Лампа будет работать или погаснет?
8. Что такое стробоскопический эффект и как уменьшить его влияние?
9. Почему для искусственного досвечивания растений применяют люминесцентные лампы и практически не используют лампы накаливания?

Таблица 2.

Измерено				Вычислено					
Напряж е-ние	То к I, А	Мощ - ност ь Р, Вт	Осве щенн ость Е, лк	Сопр. Ламп ы R _{EL} , Ом	Мощ н. Лам пы P _{EL} , Вт	Мощ н. Дрос с. P _L , Вт	Свет . пото к Φ, лм	Свето в. отдач а Н, лм/Вт	Свет . КПД η _с , %
U _с ЕТ	U _Е L								

Сопротивление лампы определяется по закону Ома:

$$R_{EL} = \frac{U_{EL}}{I}, \text{ Ом}$$

Активная мощность, потребляемая из сети, расходуется в дросселе и в лампе. Мощность лампы:

$$P_{EL} = I \cdot U_{EL} \cdot K_{и}, \text{ Вт}$$

где: K_и - коэффициент искажений (K_и=0,6...0,7)

Активную мощность дросселя можно определить как разность показаний ваттметра и мощности лампы

$$P_L = P_W - P_{EL}, \text{ Вт}$$

Содержание ОТЧЕТА

1. Название, цель работы.
2. Схемы, таблицы.
3. Графики зависимости $N = f(P)$ для лампы накаливания и люминесцентной лампы в общих координатных осях.
4. Аналогично п.3 график $\eta = f(P)$.
5. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. С какой целью лампы накаливания заполняются инертным газом?
2. Чем объясняется повышенный срок службы галогенных ламп по сравнению с обычными лампами накаливания?
3. Как увеличить срок службы ламп накаливания?
4. Назначение дросселя и стартера в схеме зажигания люминесцентной лампы.
5. От чего зависит цветность излучения люминесцентной лампы?
6. Преимущества и недостатки люминесцентных ламп.

7. После зажигания люминесцентной лампы отключили стартер. Лампа будет работать или погаснет?
8. Что такое стробоскопический эффект и как уменьшить его влияние?
9. Почему для искусственного досвечивания растений применяют люминесцентные лампы и практически не используют лампы накаливания?